

09 / 74475



EP 99/5629

REC'D 05 OCT 1999

WIPO PCT

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Bescheinigung

EJW

Herr Professor Dr.-Ing. Heinrich Köhne in Aachen/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Verwertung eines Brennstoffs unter Nutzung exothermer Vorreaktionen in Form einer Kalten Flamme"

am 21. Dezember 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole F 23 L und C 10 L der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 3. September 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Agurks

Aktenzeichen: 198 60 308.8

982486de Me/kk

21. Dezember 1998

Verfahren zur Verwertung eines Brennstoffs unter
Nutzung exothermer Vorreaktionen in Form einer Kalten Flamme

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Verwertung eines Brennstoffes, ein Produkt erhältlich gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren, Verwendung des Produktes sowie eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Gemisches zur Verwendung im erfindungsgemäßen Verfahren.

Bei Anlagen, die einen Verdampfungsprozeß für Brennstoffe, insbesondere flüssige Brennstoffe, wie Öl, beinhalten, besteht zum einen die Gefahr von Ablagerungen im Verdampferbereich durch Crackreaktionen und zum anderen liegt das Siedende des flüssigen Brennstoffes je nach Zusammensetzung oberhalb der Selbstzündtemperatur.

Das der Erfindung zugrundeliegende technische Problem besteht darin, die angesprochenen Nachteile im Stand der Technik zu überwinden.

Gelöst wird das technische Problem durch ein Verfahren zur Verwertung eines Brennstoffes, der eine Ausgangssiedetemperatur oder einen Ausgangssiedetemperatubereich aufweist, wobei

- (a) der Brennstoff mit mindestens einem Oxidator durch Einstellen von Zustands- und Prozeßparametern so in Kontakt gebracht wird, daß exotherme Vorreaktionen in Form einer Kalten Flamme initiiert werden, die auch bei

homogener Mischung von Brennstoff und Oxidator nur einen Teilumsatz des Brennstoffs und des Oxidators bewirken, und

- (b) durch Einstellung von Zustands- und Prozeßparametern eine kinetische Reaktionshemmung der Weiterreaktion des bei der Kalten Flamme entstandenen, oxidierbaren Gemisches eintritt, wodurch eine Selbstzündung desselben verhindert wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt das Phänomen der Kalten Flamme. Es handelt sich bei den Kalten Flammen um exotherme Reaktionen des insbesondere flüssigen Brennstoffes bei Anwesenheit eines Oxidators, die zu einer spontanen Temperaturerhöhung von bis zu 200 K führen. Wird beispielsweise Öl als Brennstoff eingesetzt, bildet die Kalte Flamme ein Gemisch aus Ketonen, Aldehyden und anderen Verbindungen. Die Temperaturerhöhung setzt zum Beispiel bei Heizöl EL bei einer Temperatur (im folgenden Starttemperatur genannt) von etwa 300°C ein. Als Brennstoffe kommen im wesentlichen Kohlenwasserstoffe, Gemische von Kohlenwasserstoffen mit nicht Kohlenwasserstoffen, in Form von Emulsionen und/oder Suspensionen mit in Kohlenwasserstoff im wesentlichen unlöslichen Flüssigkeiten, insbesondere Wasser im Gemisch mit Ammoniak, Schwefelwasserstoff und/oder Alkanolen, insbesondere C₁ - C₄-Alkanolen in Frage.

Der Oxidator ist eine Substanz oder ein Substanzgemisch, das gegenüber dem insbesondere flüssigen Brennstoff ein höheres chemisches Oxidationspotential besitzt. Vorzugsweise werden Sauerstoff, Ozon, Luft, Abgase aus überstöchiometrischer Verbrennung, eine Sauerstoff enthaltende Verbindung, wie Peroxide enthaltende Verbindung, Schwefeloxide, Stickoxide (N_yO oder NO_x) oder Gemische davon eingesetzt. In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Starttemperatur der exothermen Vorreaktion durch Druckerniedrigung des Gemisches von Oxidator und

insbesondere flüssigem Brennstoff, durch Rezirkulation des Gemisches der Stufe (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens und/oder Zugabe eines Katalysators gesenkt. Bei der Rezirkulation von Vorreaktionsprodukten, also der Kalten Flamme in die Verdampfungszone, gelingt es die Starttemperatur der Kalten Flamme zu senken. Der insbesondere flüssige Brennstoff wird in einem Gemisch aus Luft und Produkten der Kalten Flamme einem Phasenwechsel unterworfen. Die Temperatur des Gemisches aus insbesondere flüssigem Brennstoff, Oxidator und Produkten der exothermen Vorreaktionen in Form einer Kalten Flamme, erhöht sich je nach Randbedingung durch die Kalten Flammen auf etwa 460 bis 500°C, beim Einsatz von Öl als flüssigen Brennstoff. Diese Temperatur ist weitgehend unabhängig von dem Luftverhältnis und der Anfangstemperatur des Gemisches. Die Anfangstemperatur ist die Temperatur, bei der der insbesondere flüssige Brennstoff mit dem Oxidator in Kontakt gebracht wird. Es liegt eine reaktionskinetische Hemmung vor, die einen weiteren Temperaturanstieg mit folgender Selbstzündung des Gemisches, verhindert. Dies führt bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zu einem stabilen und selbstregelndem Betrieb des Verdampfers.

Die freigewordene Energie der exothermen Reaktion der Kalten Flamme unterstützt die Verdampfung und erzeugt ein Gasgemisch, das insbesondere bei überstöchiometrischen Bedingungen (d. h. Luftverhältnis $\lambda > 1$) keine Selbstzündungseffekte zeigt. Dabei ist das Luftverhältnis λ das Verhältnis von zugeführter Luftpumpe zur Mindestluftmenge bei vollständiger Verbrennung des insbesondere flüssigen Brennstoffes, in diesem Falle Öl. Bei Luftverhältnissen $\lambda \leq 1$ ist bei geeigneten Randbedingungen, z. B. bei n-Heptan ein Starttemperatur von $T > 320^\circ\text{C}$ ebenfalls ein Betrieb ohne Selbstzündung möglich. Somit kann das Gasgemisch ohne Selbstzündung in nachfolgende Prozeßzonen transportiert werden.

Vorzugsweise wird der insbesondere flüssige Brennstoff, mindestens teilweise verdampft und/oder vernebelt, der Reaktion der Stufe (a) zugeführt.

Die zum Phasenwechsel flüssig/gasförmig notwendige Energie wird vorzugsweise aus der Reaktionswärme der Kalten Flamme gemäß Stufe (a) des erfindungsgemäßen Verfahrens und/oder durch Einkopplung von Energie aus einem nachgeschalteten Prozeß bezogen. Bei Bedarf wird vor dem Start des Verdampfungsprozesses eine Temperatur eingestellt, die ein Entstehen der Kalten Flamme ermöglicht. Diese Anfangstemperatur des Verdampfers ist je nach Ausführungsform unterschiedlich und liegt typischerweise in einem Bereich von 400 bis 600°C bei Verdampfung von flüssigen Brennstoffen, insbesondere Kohlenwasserstoffen oder Kohlenwasserstoffgemischen. Durch die exotherme Vorreaktion der Stufe (a) des erfindungsgemäßen Verfahrens können insbesondere Gemische entstehen, die bei einem niedrigeren Temperaturbereich kondensieren als demjenigen, der dem Ausgangssiedetemperaturbereich des insbesondere flüssigen Brennstoffs entspricht.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorteilhafterweise eingesetzt zur Aufbereitung und/oder Veredelung von Brennstoffen, insbesondere in Raffinerien, der Synthesegasherstellung, der Schutzgasherstellung, zur Bereitstellung von gasförmigen Brennstoffen für Brennstoffzellen, zur Verbrennung in Verbrennungskraftmaschinen und/oder Feuerungsanlagen, zur Trennung von Stoffströmen von Begleitstoffen und ähnlichem. Der Einsatz flüssiger Kohlenwasserstoffe als Brennstoff für Brennstoffzellen erfordert eine technisch aufwendige Umwandlung der Einsatzstoffe in ein Brennstoffzellen geeignetes Brenngas. Verfahren, die im großtechnischen Maßstab etabliert sind, lassen sich auf die für Brennstoffzellen relevanten Leistungsbereiche nicht problemlos dimensionieren. Insbesondere ergeben sich Schwierigkeiten bei der Verdampfung und Molekülkettenverkleinerung der flüssigen Kohlenwasserstoffe, die zu unerwünschten Nebenreaktionen, z. B. Rußentstehung, führen. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht die Aufbereitung flüssiger

Kohlenwasserstoffe in ein für Brennstoffzellen geeignetes Brenngas. Hierbei wird das Phänomen der Kalten Flamme genutzt, um die genannten Probleme zu beseitigen. Die Kalte Flamme wird hier bei einem Gasaufbereitungsprozeß, der beispielhaft durch eine partielle Oxidation mit anschließender Shiftgasstufe ausgeführt wird, vorgeschaltet. Die durch die Kalte Flamme freigewordene Reaktionswärme, bewirkt durch die exothermen Reaktionen in der Kalten Flamme, unterstützt maßgeblich die Verdampfung des Öls und trägt zur Molekülkettenverkleinerung und Isomerisierung der eingesetzten Kohlenwasserstoffe bei.

Vorzugsweise wird beim erfindungsgemäßen Verfahren als Oxidator Luft und/oder Sauerstoff verwendet und die Edukte aus Schritt (a) des erfindungsgemäßen Verfahrens werden unterstöchiometrisch, vorzugsweise bei einem Luftverhältnis von $\lambda = 0,2$ bis $0,7$, zugeführt.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Stufe (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein weiterer Stoffstrom der Stufe (b) zugeführt, der im wesentlichen aus Kohlenwasserstoffen, Gemischen von Kohlenwasserstoffen und nicht Kohlenwasserstoffen entspricht.

Vorzugsweise wird das aus Stufe (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens erhaltene Produkt durch an sich bekannte Verfahrensschritte, vorzugsweise der partiellen Oxidation, der Dampfreformierung und/oder der Shiftgasreaktion (Wasser-gasreaktion) in ein für Brennstoffzellen geeignetes Brenngas, wie beispielsweise Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid und/oder kurzkettige Kohlenwasserstoffe, überführt. Für Brennstoffzellen geeignetes Brenngas kann beispielsweise Öl und die vorgewärmte Verbrennungsluft unterstöchiometrisch mit einem geringen Luftverhältnis, insbesondere $\lambda = 0,1$ bis $0,5$, dosiert werden und in einen Kalte-Flammen-Prozeß eingekoppelt werden. Die Vorwärmung kann dabei nach den oben

beschriebenen Methoden erfolgen. Das durch die Reaktion der Kalten Flamme resultierende Öl-Dampf-Gas-Gemisch reagiert in dem darauffolgenden Verfahrensschritt, der partiellen Oxidation, durch Zugabe von Wasser oder Wasserdampf zu einem wasserstoffreichen Gas. Bei der partiellen Oxidation handelt es sich um eine an sich bekannte Verfahrensstufe bei der Gewinnung von Wasserstoff. Die sich anschließende Wasser-Gas-Reaktion setzt das anfallende Kohlenstoffmonoxid durch Anwesenheit von Wasserdampf zu Wasserstoff um.

Diese Verfahrensweise wird schematisch im Reaktionsschema 1 (Figur 1) erläutert.

Durch Variation der in den Prozeß eingekoppelten Stoffströme, insbesondere Wasser und Öl, läßt sich der beschriebene Verfahrensablauf modifizieren. Dies ist in den Reaktionsschemata 2 (Figur 2) und 3 (Figur 3) beispielhaft erläutert. Dort ist ein Verfahrensablauf bei mehrstufiger Ölzugabe skizziert. Bei beiden Verfahren laufen die Reaktionen der Kalten Flamme bei einem (anfänglich) größeren Luftverhältnis als für die Synthesegasproduktion notwendig ist ab. Durch eine weitere Ölzugabe, diese kann noch im Prozeß der Kalten Flamme oder bei der partiellen Oxidation erfolgen, werden die zur Synthesegasherstellung erforderlichen unterstöchiometrischen Bedingungen eingestellt.

Das Reaktionsschema 4 (Figur 4) gibt einen modifizierten Verfahrensablauf mit vorgelagerter Wasserzugabe in dem Prozeß der Kalten Flamme wieder.

Die somit herstellbaren Brennstoffzellen geeigneten Brenngase umfassen diejenigen Gasgemische, die direkt oder indirekt als Brennstoff in Brennstoffzellen eingesetzt werden können. Vorzugsweise sind dies molekularer Wasserstoff, kurzkettige Kohlenwasserstoffe, wie Methan, Ethin oder Ethen, also auch solche, die durch nachfolgende Verfahrensschritte als Brennstoff für Brennstoffzellen verwendet

werden können. Zusätzlich zu den genannten Gaskomponenten kann auch Kohlenmonoxid als Brennstoffzellen geeignetes Brenngas aufgefaßt werden.

Das Gemisch aus Stufe (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zumindestens teilweise einer Druckerhöhung unterzogen werden. Dadurch kann die Zündverzögerung des durch die Vorreaktion entstandenen Gemische reguliert werden. Durch Druckerniedrigung kann auch das Temperaturfenster für das Auftreten der Kalten Flamme gegebenenfalls erweitert werden.

In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Gemisch aus Stufe (b) zumindest teilweise einem Trennprozeß, vorzugsweise einem thermischen Trennprozeß unterzogen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren führt zu einem neuen Produkt, welches erhältlich ist durch irgendeinen der weiter oben beschriebenen Verfahrensschritte.

Das erfindungsgemäße Produkt kann eingesetzt werden in Verbrennungsprozessen, wie zum Beispiel Kleinfeuerungs- und Industriefeuerungsanlagen, Verbrennungsmotoren, Gasturbinen, für den Einsatz in Brennstoffzellen und in der chemischen Industrie als Synthesegas oder Schutzgas.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung eines Gemisches aus Stufe (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff mittels einer Brennstoffzuführung mit dem Oxidator, der beispielsweise durch eine Oxidatordüse zugefügt wird, in Kontakt gebracht wird, um dann in einem Reaktionsrohr eine Kalte Flamme zu bilden, welche durch Rezirkulation von vorzugsweise Kalte-Flammen-Produkten, die durch interne und/oder externe Rezirkulation der Reaktionszone zugeführt werden, teilweise ihre Zustand- und/oder

Prozeßparameter nach Stufe (a) und (b) des erfindungsgemäßen Verfahrens ändern können.

Die Figur 5 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit interner Rezirkulation.

Die Figur 6 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit externer Rezirkulation.

Die Figur 7 zeigt eine Schnittdarstellung eines Brenners.

Die Figur 5 zeigt eine Prinzipskizze des Verdampfers mit der Zuführung von Öl 1 und Luft 2. Die Produkte der Kalten Flamme 3 werden mit Hilfe einer internen Rezirkulation 4 in die Verdampfungszone 5 eingebbracht.

Die Figur 6 zeigt ebenfalls eine Prinzipskizze mit dem Aufbau nach Figur 5, bei der die Rezirkulation durch Einbauten 6 mit Verdampfer bewerkstelligt wird.

Figur 7 zeigt einen Verdampfer, der auf dem Konzept der Brennertechnologie beruht und im wesentlichen eine Brennstoffdüse aufweist, welche auf dem Düsenstock 2 befestigt ist. Ein Luftleitrohr 3, in dem ein Drallgitter 4 montiert ist, welches der Verbrennungsluft auf dem Weg zur Luftdüse 5 einen Tangentialimpuls aufprägt, ist ebenfalls vorgesehen. Ein Verdampferrohr 6 ist über Stege in der freien Querschnittsfläche 7 mit der Verdampfergrundplatte 8 verbunden. Über die freien Querschnittsflächen kann Verbrennungsabgas während der Aufheizphase über die Freistrahlgrenze 9 in die Verbrennungszone angesogen werden. Aufgrund des Dralls der Verbrennungsluft durch das Drallgitter 4 kommt es zur Ausbildung eines Rückstromgebietes 10 auf der Strahlachse, in dem die Stabilisierung der Startflamme stattfindet. Im Verdampferbetrieb werden über die freie Querschnittsfläche 7 Produkte der Kalten Flamme über die Freistrahlgrenze 9 in die

Verdampfungszone rezirkuliert. Die Stabilisierung der Kalten Flamme kann sowohl im Verdampferrohr 6 als auch im Ringspalt 13 stattfinden.

Im Verdampferbetrieb findet ein Wärmeeintrag der Flamme, die sich in der Verbrennungszone 11 stabilisiert, über das Flammenrohr 12 in den Ringspalt 13 statt. Durch Rezirkulation kann diese Energie teilweise in den Verdampfungsprozeß eingebracht werden. In der Aufheizphase kann der Verdampfer als konventioneller Brenner betrieben werden. Nach dem Ende der Aufheizphase wird das Öl vollständig verdampft und mit der Luft in die Verbrennungszone transportiert.

A n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Verwertung eines Brennstoffes, der eine Ausgangssiedetemperatur oder einen Ausgangssiedetemperaturbereich aufweist, wobei
 - (a) der Brennstoff mit mindestens einem Oxidator durch Einstellen von Zustands- und Prozeßparametern so in Kontakt gebracht wird, daß exotherme Vorreaktionen in Form einer Kalten Flamme initiiert werden, die auch bei homogener Mischung von Brennstoff und Oxidator nur einen Teilumsatz des Brennstoffs und des Oxidators bewirken, und
 - (b) durch Einstellung von Zustands- und Prozeßparametern eine kinetische Reaktionshemmung der Weiterreaktion des bei der Kalten Flamme entstandenen, oxidierbaren Gemisches eintritt, wodurch eine Selbstzündung desselben verhindert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als Brennstoff im wesentlichen Kohlenwasserstoffe, Gemische von Kohlenwasserstoffen mit nicht Kohlenwasserstoffen, in Form von Emulsionen und/oder Suspensionen mit in Kohlenwasserstoff im wesentlichen unlöslichen Flüssigkeiten, insbesondere Wasser, im Gemisch mit Ammoniak, Schwefelwasserstoff und/oder Alkanolen eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Oxidator Sauerstoff, Ozon; Luft, Abgase aus überstöchiometrischer Verbrennung, eine Sauerstoff enthaltene Verbindung, wie Peroxide enthaltene Verbindung, Schwefeloxide, Stickoxide (N_yO oder NO_x) ist.

4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine mindestens teilweise Verdampfung und/oder Vernebelung des Brennstoffes erzielt wird.
5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Gemisch aus Schritt (b) von Anspruch 1 in ein System der Stufe (a) des Anspruchs 1 mindestens teilweise zurückgeführt wird.
6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Starttemperatur der exothermen Vorreaktionen durch Druckerniedrigung des Gemisches von Oxidator und Brennstoff, durch Rezirkulation zumindestest eines Teils des Gemisches der Stufe (b) des Anspruchs 1 und/oder Zugabe eines Katalysators gesenkt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die zur Initiierung der Reaktionen der Stufe (a) aus Anspruch 1 notwendige Energie aus der exothermen Vorreaktion gemäß Stufe (a) des Anspruchs 1 und/oder durch Einkopplung von Energie aus einem nachgeschalteten Prozeß bezogen wird.
8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Gemisch der Stufe (b) des Anspruchs 1 bei einem niedrigeren Temperaturbereich kondensiert, als demjenigen, der dem Ausgangssiedetemperaturbereich des Brennstoffs entspricht.
9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Aufbereitung und/oder Veredelung von Brennstoffen, insbesondere in Raffinerien, der Synthesegasherstellung, der Schutzgasherstellung, zur Bereitstellung von gasförmigen Brennstoffen für Brennstoffzellen, zur Verbrennung in

Verbrennungskraftmaschinen und/oder Feuerungsanlagen, zur Trennung von Stoffströmen von Begleitstoffen.

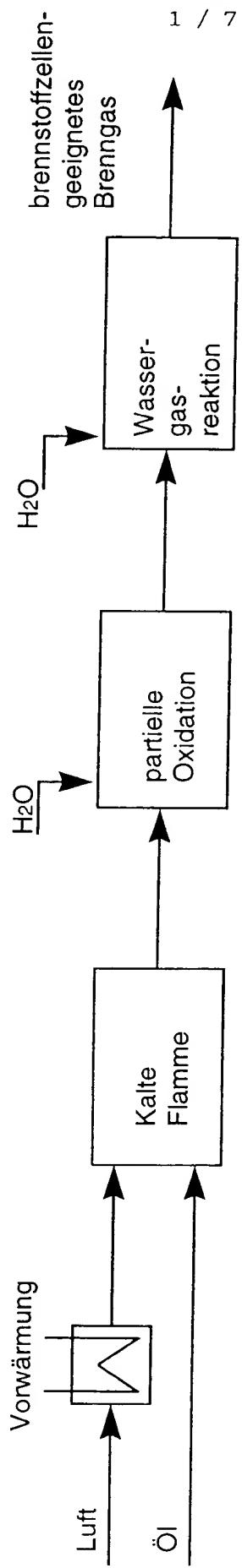
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei als Oxidator vorzugsweise Luft und/oder Sauerstoff verwendet wird und die Edukte aus Schritt (a) von Anspruch 1 unterstöchiometrisch, vorzugsweise bei einem Luftverhältnis von $\lambda = 0,2$ bis $0,7$, zugeführt werden.
11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei dem Gemisch der Stufe (b) des Anspruchs 1 ein weiterer Stoffstrom zugeführt wird, der dem in Anspruch 2 definierten Brennstoff oder auch nicht Kohlenwasserstoffen, insbesondere wasserstoffhaltigen Stoffen, entspricht.
12. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Produkt aus Stufe (b) von Anspruch 1 durch technisch bekannte Verfahrensschritte, vorzugsweise der partiellen Oxidation, der Dampfreformierung und/oder der Shiftgasreaktion (Wasserreaktion), in ein für Brennstoffzellen geeignetes Brenngas, wie beispielsweise Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid und/oder kurzkettige Kohlenwasserstoffe, überführt wird.
13. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei das Gemisch aus Stufe (b) des Anspruchs 1 zumindest teilweise einer Druckerhöhung unterzogen wird.
14. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei das Gemisch aus Stufe (b) des Anspruchs 1 zumindest teilweise einem Trennprozeß, vorzugsweise einem thermischen Trennprozeß, unterzogen wird.

15. Produkt erhältlich nach einem Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14.
16. Verwendung des Produkts nach Anspruch 9 in einem Verfahren nach Anspruch 15.
17. Vorrichtung zur Erzeugung eines Gemisches aus Stufe (b) des Anspruchs 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff mittels einer Brennstoffzuführung mit dem Oxidator, der beispielhaft durch eine Oxidatordüse zugeführt wird, in Kontakt kommt, um dann in einem Reaktionsrohr eine Kalte Flamme zu bilden, welche durch Rezirkulation von vorzugsweise Kalte-Flammen-Produkten, die durch interne und/oder externe Rezirkulation der Reaktionszone zugeführt werden, teilweise ihre Zustands- und/oder Prozeßparameter nach Stufe (a) und (b) des Anspruchs 1 ändern können.

Z u s a m m e n f a s s u n g

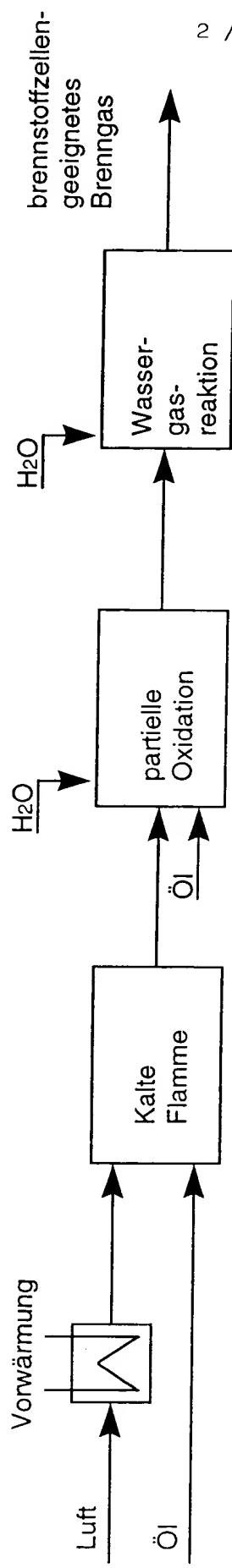
Verfahren zur Verwertung eines Brennstoffes, der eine Ausgangssiedetemperatur oder einen Ausgangssiedetemperaturbereich aufweist, wobei

- (a) der Brennstoff mit mindestens einem Oxidator durch Einstellen von Zustands- und Prozeßparametern so in Kontakt gebracht wird, daß exotherme Vorreaktionen in Form einer Kalten Flamme initiiert werden, die auch bei homogener Mischung von Brennstoff und Oxidator nur einen Teilumsatz des Brennstoffs und des Oxidators bewirken, und
- (b) durch Einstellung von Zustands- und Prozeßparametern eine kinetische Reaktionshemmung der Weiterreaktion des bei der Kalten Flamme entstandenen, oxidierbaren Gemisches eintritt, wodurch eine Selbstzündung desselben verhindert wird.



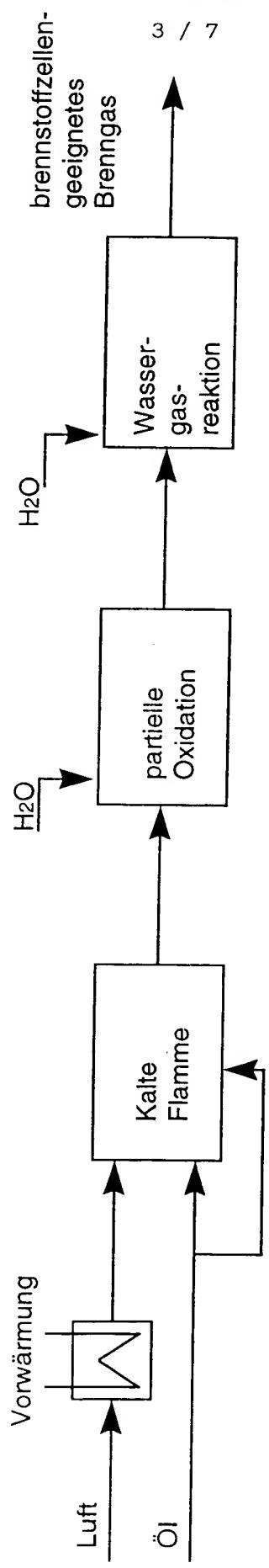
Figur 1

Schema 1: einfacher Verfahrensablauf



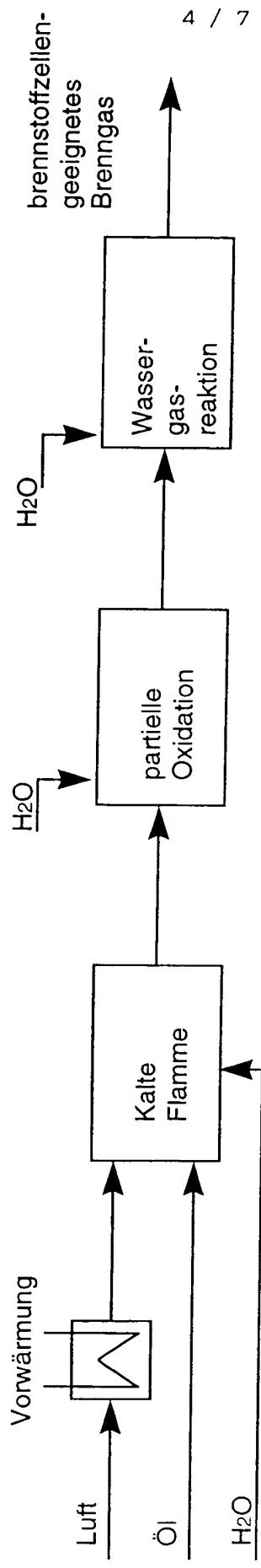
Schema 2: mehrstufige Ölzugabe im Bereich der Kalten Flamme und der partiellen Oxidation

Figur 2



Schema 3: mehrstufige Ölzugabe im Kalte Flammen-Bereich

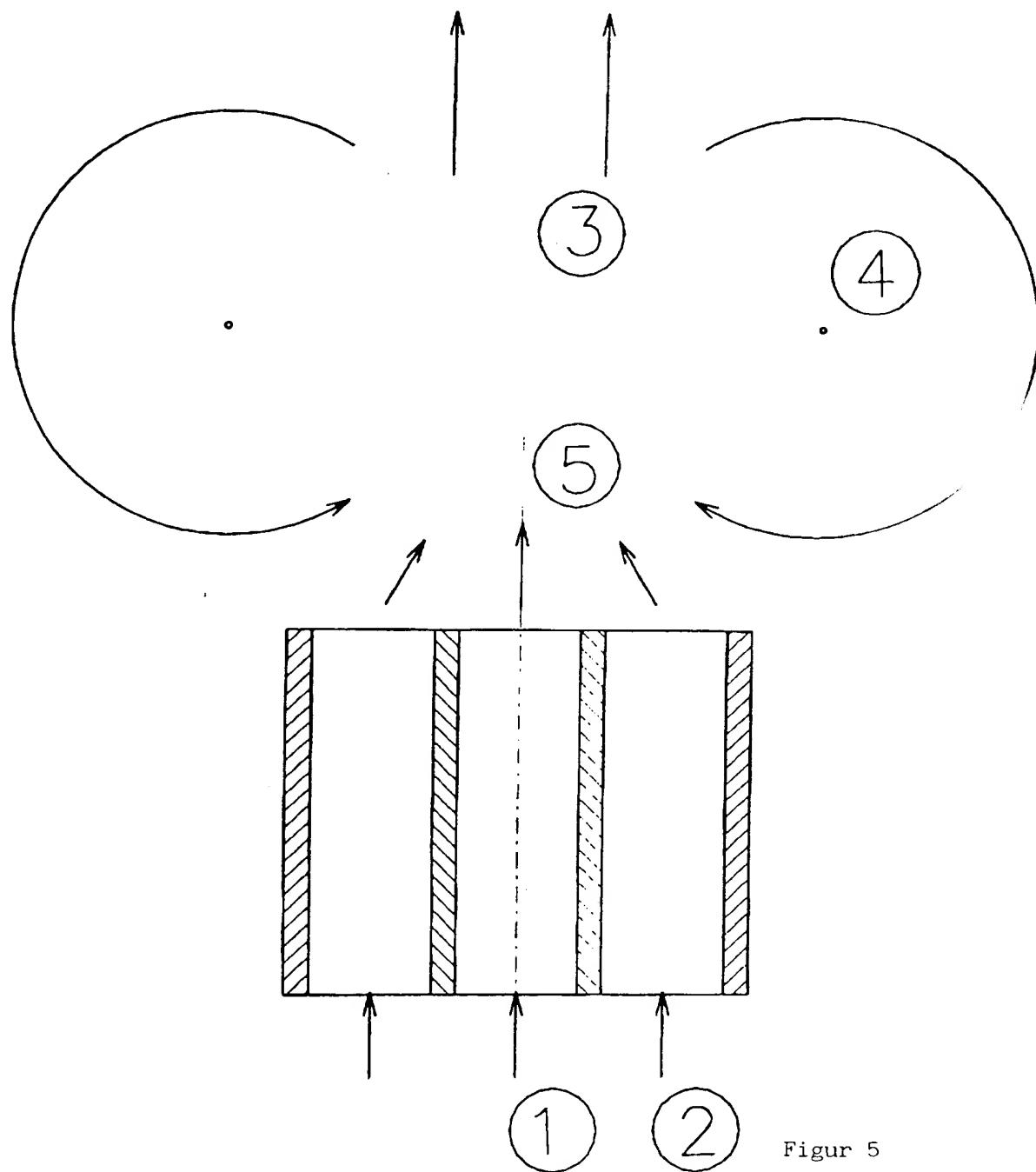
Figur 3



Schema 4: Wasserzugabe im Kalte Flammen-Bereich

Figur 4

interne Rezirkulation

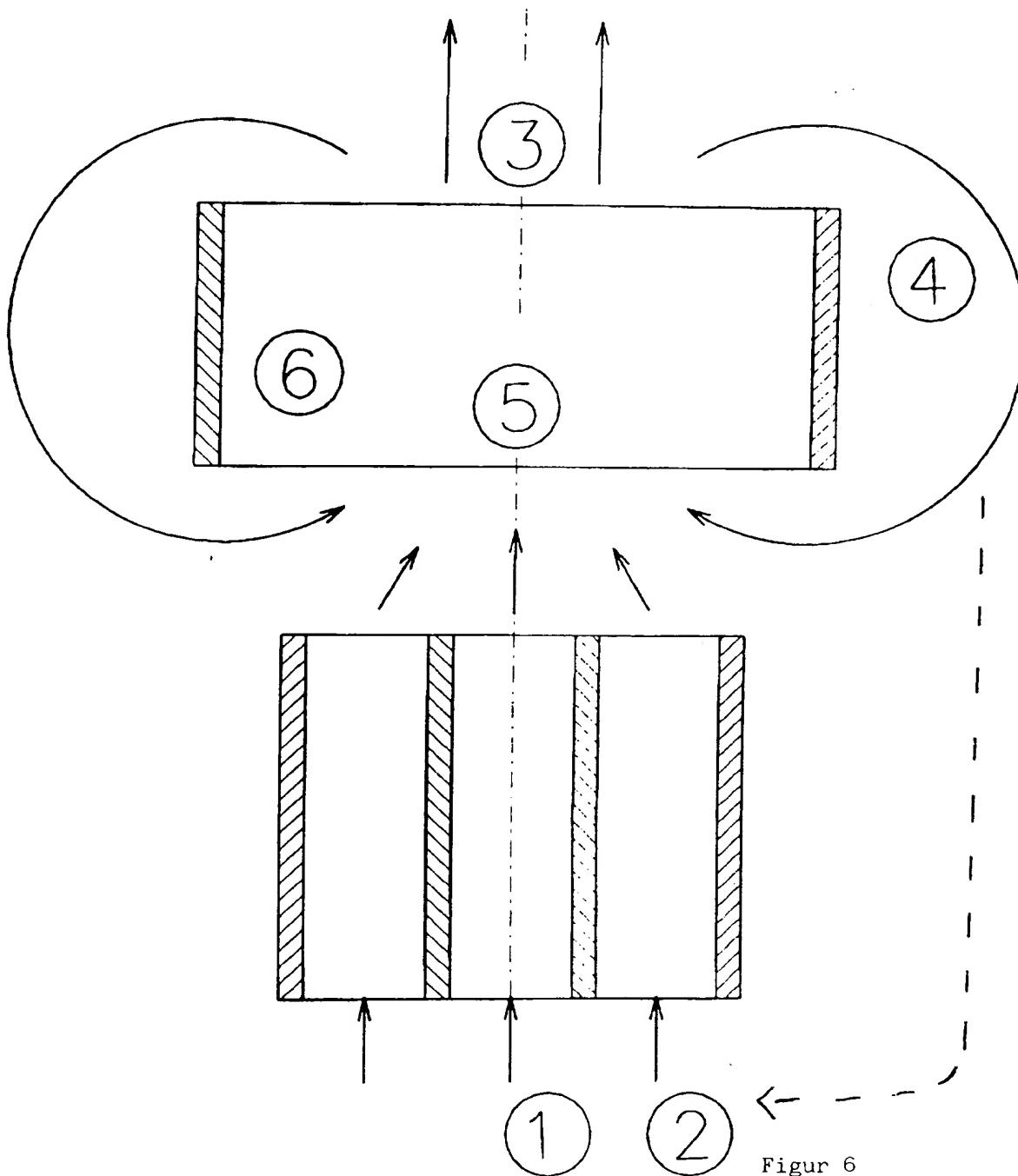


Figur 5

M 17.09.99

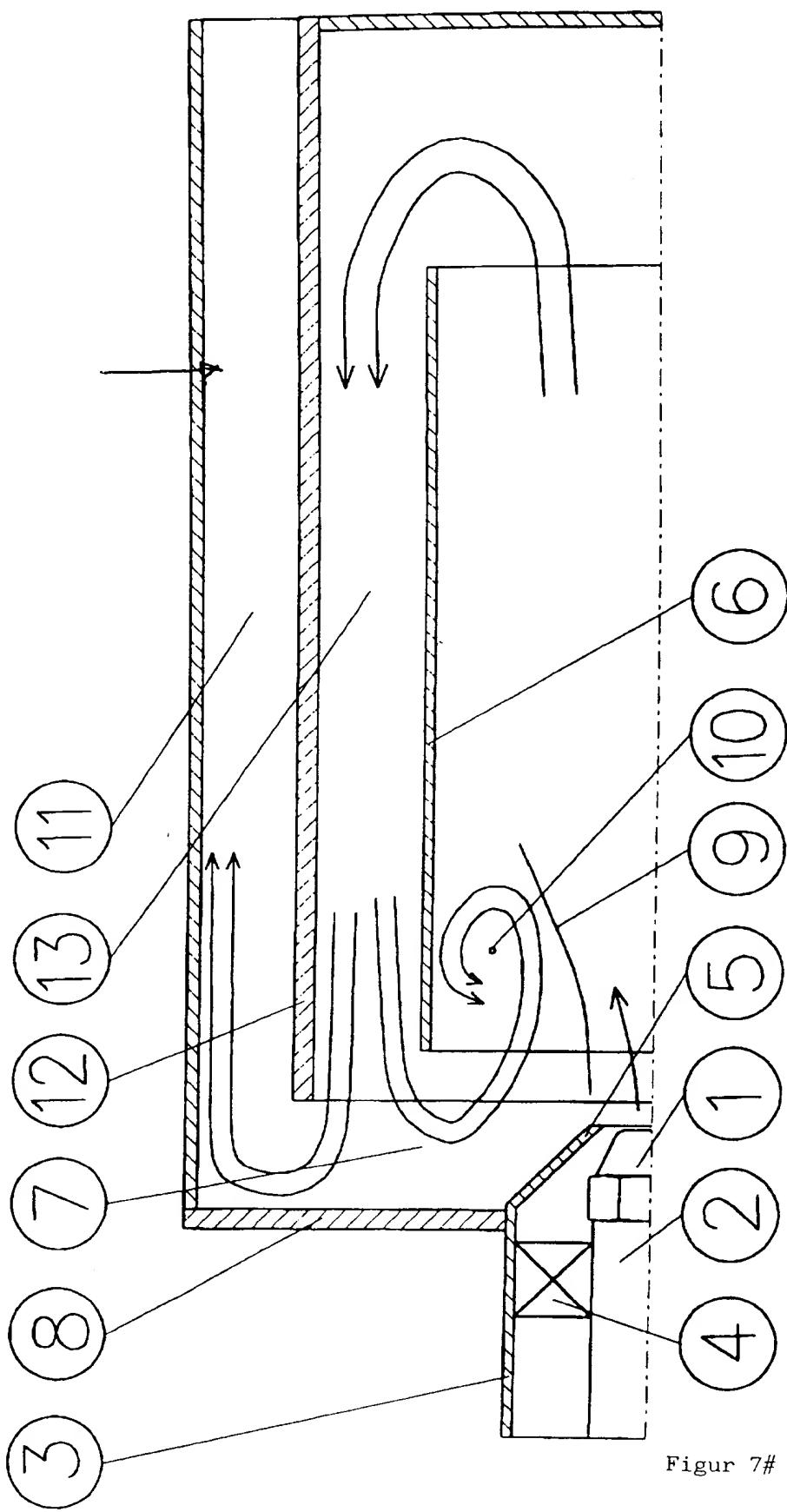
6 / 7

externe Rezirkulation



Figur 6

Schnittdarstellung eines Brenners



Figur 7#